УДК 548.4.001:621.791.052.08:620.179.16

МЕХАНИЗМ ЗАРОЖДЕНИЯ, ФОРМИРОВАНИЯ И ДИАГНОСТИКА НЕПРОВАРА В ПРОЦЕССЕ СВАРКИ. Ч. 3

А.М. Апасов, А.А. Апасов

Юргинский технологический институт Томского политехнического университета
E-mail: adm@ud.tpu.edu.ru

Приведены результаты модельных и экспериментальных исследований механизма зарождения, формирования и развития непровара в процессе сварки. Данные модели позволили в последствие одновременно осуществлять регистрацию непровара в реальном масштабе времени и формировать управляющие сигналы для коррекции параметров режимов сварки.

В данной статье опубликованы материалы, в которых на основе проведенных многочисленных экспериментальных исследований впервые получены положительные результаты по регистрации источников зарождения непровара в процессе сварки на основе сигналов акустической эмиссии (АЭ). Для подтверждения непровара качество сварных соединений устанавливалось методами рентгенографии и цветной капиллярной дефектоскопии.

Уровень амплитуды зарегистрированных сигналов АЭ от нестабильности горения дуги в моменты её зажигания составил 23...25 дБ. Данные помехи могут создавать сигналы АЭ достаточно большой амплитуды, но регистрируются как одиночные импульсы и по своему характеру резко отличаются от полезных сигналов. Отсюда следует, что оптимальное ослабление входного сигнала, которое обеспечивает практически полное подавление помех, сопровождающих процесс сварки, составляет 25 дБ.

Процесс трещинообразования в результате охлаждения околошовной зоны жидким азотом при сварке характеризуется резким увеличением числа импульсов АЭ в 70–80 каналах амплитудного анализатора, рис. 1. Максимальное число импульсов АЭ N_{Σ}=606 приходится на 73 канал, амплитуда которых равна 356,24 мВ [1]. На рис. 2 представлено амплитудное распределение сигналов АЭ от трещинообразования при сварке, инициированное добавлением титана в сварной шов. Амплитуда сигналов в обоих случаях трещинообразования соответствовала 52...54 дБ. Наличие трещин в сварном шве подтверждено металлографическими исследованиями [1, 2].

С целью регистрации непровара одна из свариваемых трубок устанавливалась в приспособлении для крепления, зажималась установочным винтом с усилием, позволяющим в последствии иметь закрепляемой трубке небольшое перемещение по вертикальной оси. Другая свариваемая трубка вместе с закреплённой на ней неподвижно сварочной головкой ГНС-70М крепилась в приспособлении жёстко. В процессе сварки установлено, что при работе на режимах, которые ведут к непровару, число импульсов АЭ, зарегистрированных в 73 канале, существенно меньше, чем при трещинообразовании, и составило N_{Σ}= 335 (рис. 3).

Фотографии процесса сварки трубопроводов представлены на рис. 4, 5.

Для того, чтобы произвести селектирование сигналов АЭ при сварке от электромагнитных помех, шума от истечения защитного газа из горелки,



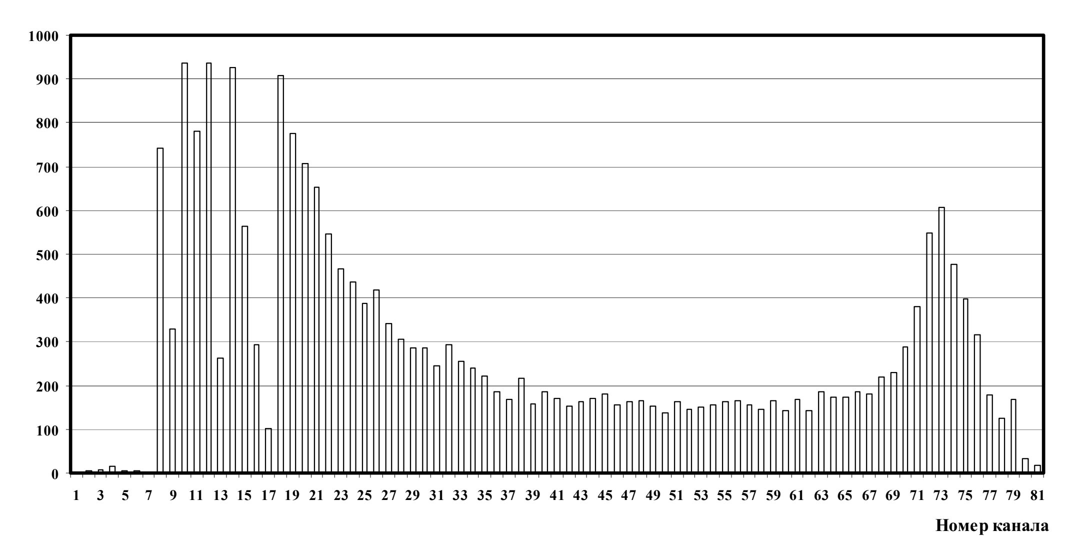


Рис. 1. *Амплитудное распределение сигналов АЭ от трещинообразования при сварке в результате охлаждения околошовной зоны жидким азотом. Время цикла 55,5 с (2 об.). $L_{дат}$=240 мм, $I_{св}$=40 А*

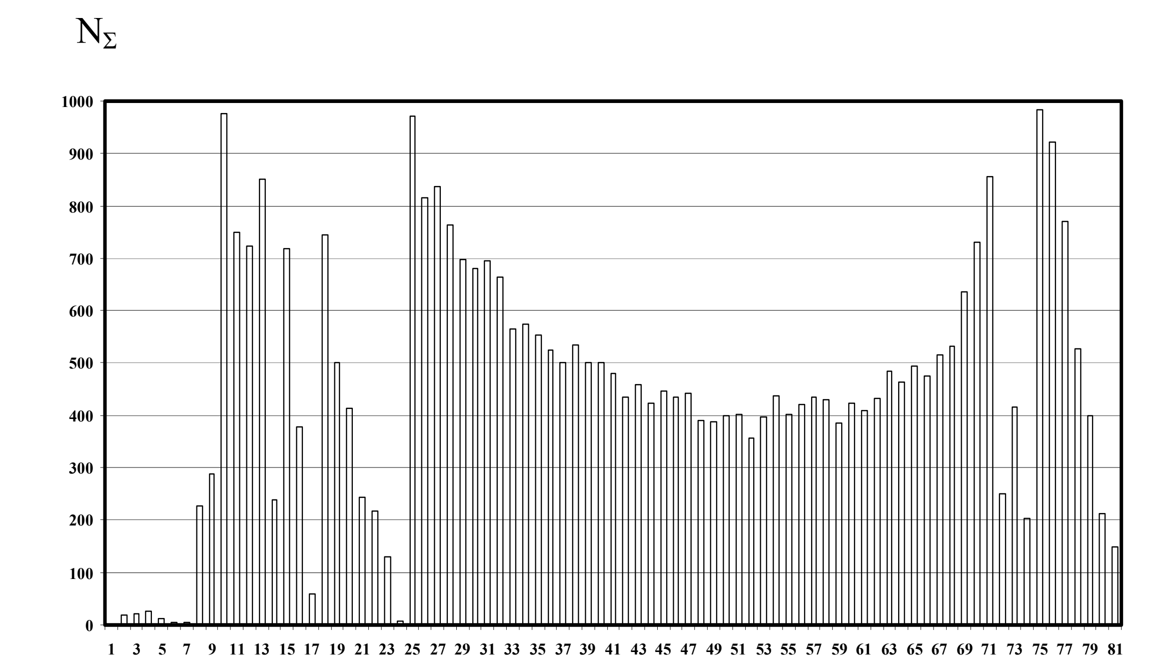


Рис. 2. *Амплитудное распределение сигналов АЭ от трещинообразования при сварке, инициированное добавлением титана. Время цикла 55,5 с (2 об.). $L_{дат}$=240 мм, $I_{св}$=40 А*

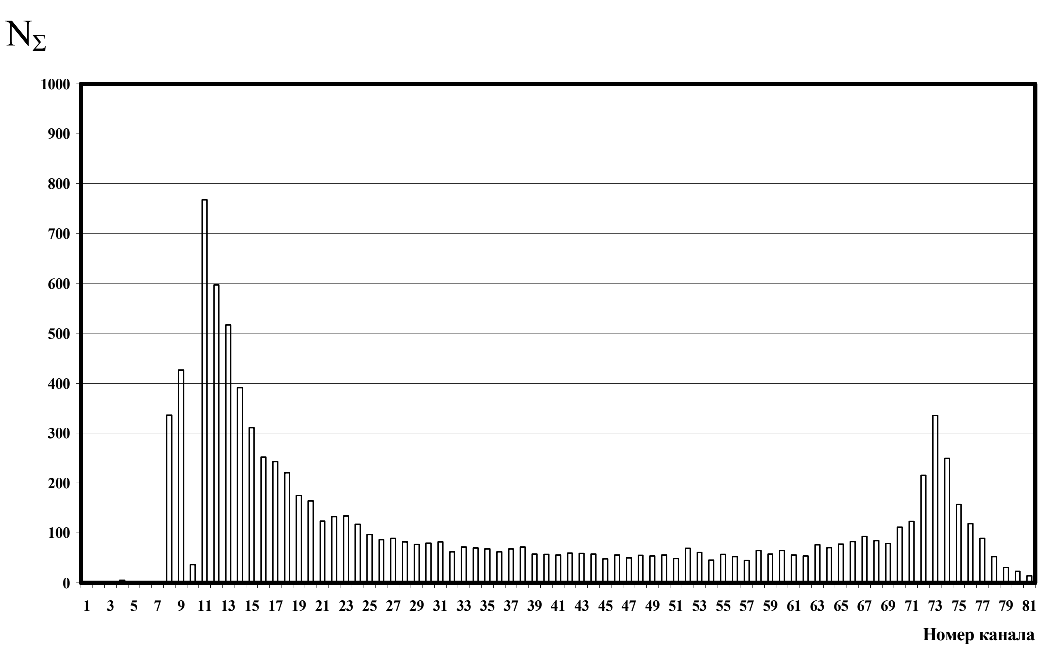


Рис. 3. *Амплитудное распределение сигналов АЭ от непровара, возникающего в процессе сварки. Время цикла 12 с (1/2 об.), $L_{дат}$=240 мм, $I_{св}$=40 А*

шумов от механического движения сварочной головки, процессов плавления и кристаллизации металла шва, зарождения и развития трещин параметры режима сварки были максимально унифицированы: датчик АЭ устанавливался на расстоянии 240 мм от шва, время цикла составило 55,5 с (2 оборота сварочной головки ГНС-70М). При этих равных условиях выяснилось, что разделение сигналов АЭ при сварке от сопровождающих помех, шумов, процессов плавления, кристаллизации и дефектообразования осуществляется по амплитудному признаку, причём разделение сигналов АЭ от процессов формирования непровара и трещинообразования, зарегистрированных в одном и том же канале анализатора, производится по числу импульсов АЭ [3]. Регистрация параметров сигналов АЭ на ИАС-4 проводилась в диапазоне частот от 0,1 до 1,0 МГц с порогом дискриминации на уровне собственных шумов аппаратуры. Скорость протяжки ленты соответствовала 2,5 м/с.

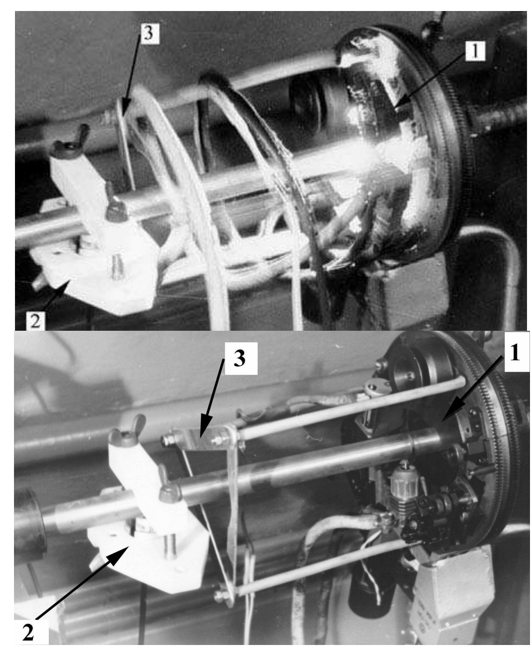


Рис. 4. *АЭ-контроль процесса сварки трубопроводов ∅20×2 мм из стали 08Х18Н10Т с помощью модернизированной головки типа ГНС-70М: 1) вкладыш из стали для крепления трубы; 2) блок крепления АЭ-пьезопреобразователя; 3) барабан для намотки кабеля, питающего сварочную головку. Внизу – после окончания сварки*

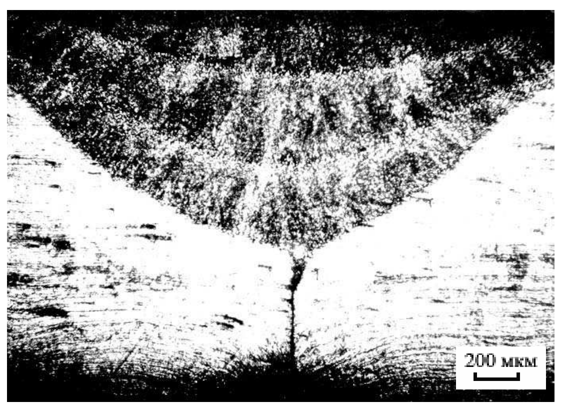


Рис. 5. *Микроструктура металла с непроваром в корне сварного шва: сталь 08Х18Н10Т; ×50; микроскоп фирмы «REICHERT»*

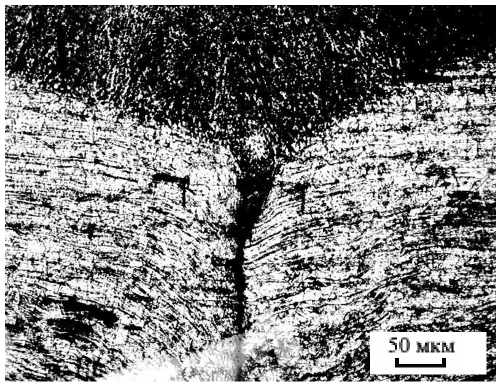


Рис. 6. *Микроструктура металла с непроваром в корне сварного шва: сталь 08Х18Н10Т; ×200; микроскоп фирмы «REICHERT»*

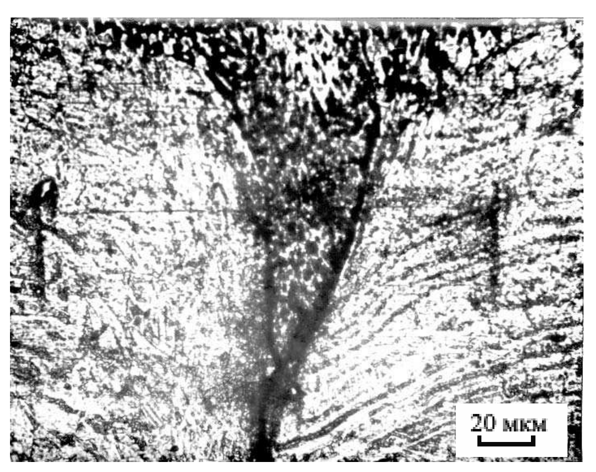


Рис. 7. *Микроструктура металла с непроваром в корне сварного шва: сталь 08Х18Н10Т; ×500; микроскоп фирмы «REICHERT»*

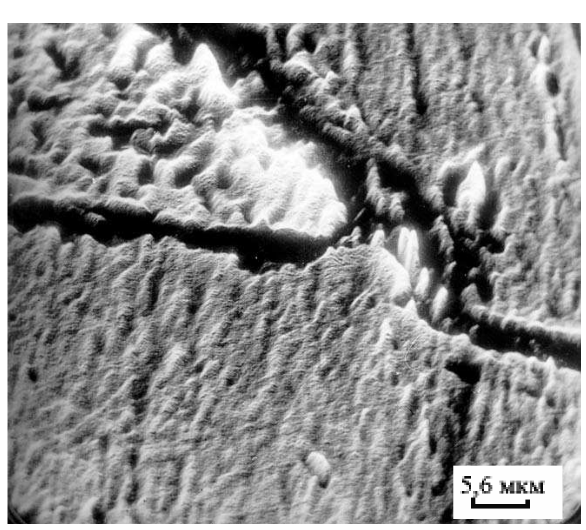


Рис. 8. *Микроструктура металла с непроваром в корне сварного шва: сталь 08Х18Н10Т; ×1800 в режиме с модуляцией; микроскоп РЭМ-200*

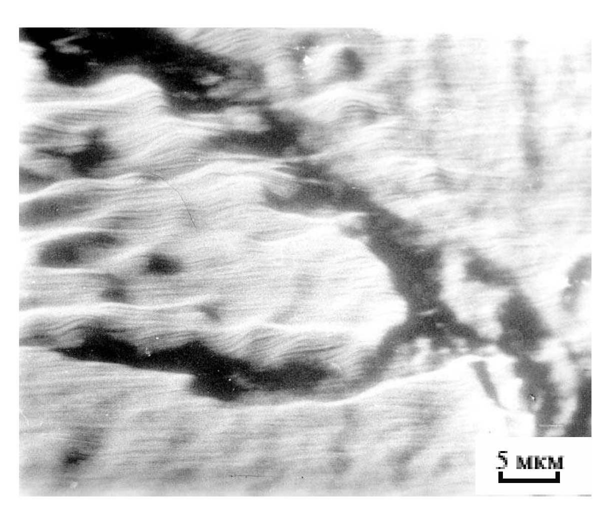


Рис. 9. *Микроструктура металла с непроваром в корне сварного шва: сталь 08Х18Н10Т; ×2000 в режиме с модуляцией; микроскоп РЭМ-200*

Следует отметить, что параллельно сигнал со входа ИАС-4 поступал на анализатор спектра К4-59, с экрана которого осуществлялась скоростная киносъёмка видеосигнала с помощью регистрирующей фотокамеры РФК-5 со скоростью 9 кадров/с [1]. Из анализа кинограмм видеоимпульсов следует, что наиболее вероятный диапазон частот сигналов АЭ от возникающих трещин лежит в интервале частот 400...700 кГц.

Наличие непроваров и трещин подтверждено металлографическими исследованиями. На рис. 5–7 представлены фотографии микроструктуры металла с непроваром в корне сварного шва при различном увеличении, выполненных с экрана австрийского микроскопа фирмы «REICHERT», а на рис. 8 и 9 – фотографии того же непровара, наблюдаемого в растровом электронном микроскопе РЭМ-200. Фотографии микроструктур металла с трещинами в сварном соединении представлены в [1, 2].

Выводы

1. Разделение сигналов АЭ при автоматической аргонодуговой сварке изделий из аустенитной стали осуществляется по амплитудному признаку.
2. Оптимальное ослабление входного сигнала акустической эмиссии, обеспечивающее практически полное подавление помех, сопровождающих процесс сварки, составляет 25 дБ.
3. Частотный диапазон импульсов акустической эмиссии от возникающих трещин при сварке изделий из аустенитной стали находится в интервале 400...700 кГц.
4. При импульсной аргонодуговой сварке аустенитной стали и интенсивном охлаждении околошовной зоны (по границе сплавления) в металле при кристаллизации возникают кратковременные сжимающие и растягивающие напряжения, которые суммируются с напряжениями в устье непровара, что приводит к разрыву межатомных связей и испусканию упругой механической волны, интерпретируемой как акт АЭ.
5. Определено, что разделение сигналов АЭ от процессов зарождения, формирования и развития непровара и процесса трещинообразования, зарегистрированных в одном и том же канале амплитудного анализатора, производится по числу импульсов АЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апасов А.М. Анализ разрушения сварных соединений в процессе сварки // Дефектоскопия. – 1996. – № 10. – С. 24–30.
2. Апасов А.М. Моделирование разрушения сварных соединений при сварке с использованием явления акустической эмиссии // Неразрушающий контроль и диагностика: Тез. докл. 15 Росс. научно-техн. конф. – М.: 1999. – Т. 2. – С. 114.
3. Пат. 2212030 РФ. Способ обнаружения непровара / А.М. Апасов, А.А. Апасов. – Бюлл. Изобр., 2003, № 25. – С. 564.

УДК 621.791.763